

УДК 621.926.5

В.А. Настоящий, канд. техн. наук,

С.А. Джирма, инженер,

А.А. Тарасенко, канд. техн. наук,

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗИНОВЫХ ФУТЕРОВОК СПЕЦИАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОГО И ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

В настоящее время важным направлением совершенствования конструкций барабанов мельниц, кузовов большегрузных автомобилей, лотков питателей стало футерование поверхностей, контактирующих с перерабатываемым материалом и технологической загрузкой, резиновыми плитами.

Накопленный опыт эксплуатации измельчительного и транспортного оборудования, поверхности которого работают в условиях ударно-абразивного, гидроабразивного и умеренного ударного нагружения показал, что применение резиновых футеровочных плит по сравнению с металлическими бронеплитами позволяет снизить металлоемкость и энергоемкость оборудования, повысить его долговечность, сократить время и трудозатраты ремонтных работ [1]. Однако при возрастании ударных нагрузок эффективность применения резиновых футеровочных плит снижается, так как резиновые плиты передают значительную часть энергии удара на защищаемую поверхность, кроме того увеличивается вероятность разрушения поверхностного слоя резины.

Повышение прочности резиновых элементов в условиях ударного нагружения и снижения величины энергии, передаваемой на защищаемую поверхность могут быть достигнуты при выполнении в резиновых плитах воздушных полостей и зазоров (рис. 1).

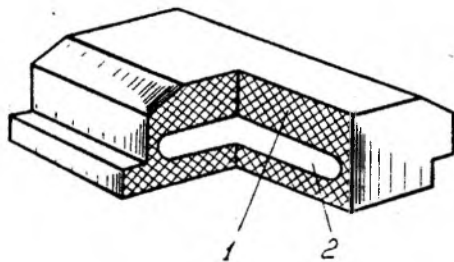


Рис. 1. Конструктивная схема резиновой футеровки с воздушной полостью:
1 - резиновая плита;
2 - воздушная полость.

Экспериментальные исследования резиновых плит, в которых выполнены воздушные полости, позволили установить: энергия, воспринимаемая футеровками специальных конструкций без разрушения в 1,5-2 раза превышает аналогичный показатель для резиновых плит, энергия удара, передаваемая на основание футеровками с воздушными полостями практически равна нулю. Указанные преимущества резиновых футеровок специальных конструкций достигаются при сочетании конструктивных параметров, позволяющих обеспечить при ударном нагружении значение прогиба слоя резины над воздушной полостью не превышающее высоты последней [2].

Для аналитического исследования ударного взаимодействия футеровки специальной конструкции с падающей технологической или транспортируемой средой, резиновая плита с воздушной полостью рассматривалась как пластина,

опертая по контуру, а падающая мелющая среда или куски породы рассматривались как шары правильной формы (рис.2).

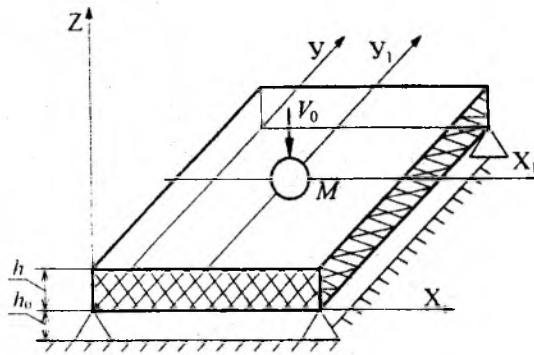


Рис. 2. Расчетная схема резиновой футеровки с воздушной полостью.

Уравнение для перемещения шара при соударении с поверхностью футеровки представлено в виде

$$V_0 \cdot t - \frac{1}{M} \cdot \int_0^t dt_1 \cdot \int_0^t P(t_1) \cdot dt_1 = \left[\frac{P(t_1)}{\sqrt{R}} \cdot \left(\frac{1-v_1^2}{G_1} + \frac{1-v_2^2}{G_2} \right) \right]^{\frac{2}{3}} \cdot a_\varepsilon +$$

$$+ \frac{4}{\rho \cdot a \cdot b \cdot h \cdot \omega_{11}} \cdot \int_0^t P(t_1) \cdot \gamma' \cdot \sin \omega_{11} \cdot (t - t_1) \cdot \sin \pi \xi \cdot \sin \pi \eta \mu \cdot \sin \pi \xi_1 \cdot \sin \pi \eta_1 \mu \cdot dt$$
(1)

В формуле (1): V_0 , M , R — скорость падения, масса и радиус падающего шара; P — контактная сила; v_1 , v_2 , G_1 , G_2 — коэффициенты Пуассона и модули сдвига соударяющихся шара (сталь, горная порода) и футеровки (резина); d_ε — функция эксцентриситета (для шара $d_\varepsilon = 0,52$); a и b — размеры футеровки в плане; h — толщина слоя резины над воздушной полостью, ρ — плотность резины; $\xi = \frac{x}{a}$;

$\eta = \frac{y}{b}$ — безразмерные координаты; $\mu = \frac{a}{b}$; $\xi_1 = \frac{x_1}{a}$; $\eta_1 = \frac{y_1}{b}$ — координаты удара,

(при центральном ударе $x_1 = \frac{a}{2}$; $y_1 = \frac{b}{2}$); t_1 — текущее время; γ' — функция Бесселя 1-го порядка.

В выражении (1)

$$\omega_{11}^2 = \left[\frac{\pi^4}{a^4} \cdot (1 + \mu^2)^2 \cdot \frac{D}{\rho \cdot h} \right]$$
(2)

где ω_{11} — квадрат частоты собственных колебаний пластины опертой по контуру, D — цилиндрическая жесткость слоя резины над воздушной полостью

$$D = \frac{E_2 \cdot h^3}{12 \cdot (1 - v_2^2)}$$
(3)

E_2 — модуль упругости резины.

Прочность пластин при ударном нагружении обеспечивается при соблюдении следующих условий [3]: напряжения в зоне контакта для материала пластины не должны превышать допустимых; напряжения возникающие при изгибе пластины также не должны превышать допустимых.

Таким образом эффективная работа резиновых футеровок будет достигнута при сочетании геометрических размеров элементов и физико-механических свойств

резины, которые обеспечат протекание ударного нагружения футеровок при соблюдении следующих условий: прогиб слоя резины не должен превышать высоту полости; напряжения в зоне контакта резины с падающим телом не должны превышать допустимых; напряжения, возникающие в волокнах слоя резины при его прогибе также не должны превышать допустимых.

При внедрении шара в поверхность на окружности контакта в материале поверхности возникают растягивающие напряжения, максимальное значение которых определяется [4]

$$(\sigma_z)_{\max} = 0,133 \cdot P_{\max} \quad (4)$$

где P_{\max} — удельное давление в зоне контакта

$$P_{\max} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P(t)}{\pi^3 \cdot R^2 \cdot \left(\frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)^2}} \quad (5)$$

где E_1 и E_2 — модули упругости контактирующих шара и плоскости.

С учетом (5)

$$(\sigma_z)_{\max} = \sqrt[3]{\frac{4,6 \cdot 10^{-4} \cdot P(t)}{R^2 \cdot \left(\frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)^2}} \quad (6)$$

При прогибах пластины в нижних волокнах возникают также растягивающие напряжения, которые могут быть определены

$$(\sigma_z)_{\max} = \gamma \cdot E_2 \quad (7)$$

где γ — относительное удлинение волокон резины.

При прогибах пластины с минимальным размером в плане равным a и толщиной h , относительное удлинение волокон определяется

$$\gamma = \frac{h \cdot W}{\frac{a^2}{4} + W^2} \quad (8)$$

где W — прогиб пластины.

Весьма важным является вопрос в выборе допускаемых напряжений для резины. Результаты исследований позволяют полагать, что допускаемые напряжения растяжения для износостойких резин можно принимать в пределах $[\sigma]_z = 1,4 \dots 2,5$ МПа, причем большие значения принимаются для деталей, испытывающих разовые нагрузки, а меньшие значения для деталей, подверженных циклическим нагрузкам [1, 5].

Таким образом решение уравнения (1) позволяет определить, при каких значениях геометрических размеров резинового футеровочного элемента с воздушной полостью будут обеспечены все условия прочности.

На основании такого подхода определялись параметры резиновых футеровочных элементов для мельницы МШЦ 4500х6000, которые составили: длина $a = 0,5$ м; $b = 0,47$ м; высота полости $h_0 = 0,03$ м; толщина слоя резины над воздушной полостью h от 0,120 м до 0,05 м. Указанные параметры обеспечивают взаимозаменяемость резиновых футеровочных элементов с металлическими бронеплитами, а их применение снизит вес вращающихся частей мельницы на 100 т и сэкономит 1...2% электроэнергии, потребляемой мельницей.

Литература

1. Защитные футеровки и покрытия горно-обогатительного оборудования.
А.А. Тарасенко, Е.Ф. Чижик, А.А. Взорв, В.А. Настоящий — М.: "Недра", 1985. — 204 с.
2. О возможности использования эластомеров для футерования рудоразмольных мельниц I стадии измельчения / А.А. Тарасенко, В.А. Настоящий, Б.И. Коротких и др. — В кн.: Добыча и переработка руд цветных металлов. Норильск, 1982. с. 92-96.
3. Колебания деформируемых систем. А.А. Филипов. М.: "Машиностроение", 1970. — 736 с.
4. Кац А.М. Теория упругости — М.: Государственное издание технической литературы, 1956. — 207 с.
- 5.Потураев В.Н., Дырда В.И., Круш И.И. Прикладная механика резины. — К.: Наукова думка, 1980. — 200 с.

ТЕХНІКА КДТУБА

МЕХАНІЗОВАНИЙ ІНСТРУМЕНТ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

